

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222223

· 论 著 ·

## 多所医院医务人员医用防护口罩适合性研究

胡美华<sup>1</sup>, 贾会学<sup>1</sup>, 姚希<sup>1</sup>, 孙昕霁<sup>2</sup>, 闵鹤葳<sup>2</sup>, 邓明卓<sup>3</sup>, 卢联合<sup>4</sup>, 李杰<sup>5</sup>, 宋丽红<sup>3</sup>, 路简羽<sup>1</sup>, 宋雪梅<sup>6</sup>, 高航<sup>7</sup>, 李六亿<sup>1</sup>

(1. 北京大学第一医院感染管理-疾病预防控制处, 北京 100034; 2. 北京大学公共卫生学院社会医学与健康教育系, 北京 100191; 3. 首都医科大学附属北京友谊医院, 北京 100050; 4. 北京地坛医院感染管理科, 北京 100015; 5. 首都医科大学附属复兴医院医院感染与疾病预防控制处, 北京 100038; 6. 北京市密云区医院感控科, 北京 101599; 7. 北京市第二医院感科, 北京 100031)

**[摘要]** **目的** 通过定量适合性测试, 描述医用防护口罩的适合现状以及探索适合性测试的影响因素。**方法** 通过分层抽样选取 6 所不同级别、性质的医院中不同呼吸道传染病暴露风险部门, 即低风险(普通病区)、中风险(如急诊、呼吸科门诊)、高风险(发热门诊、核酸采样点、感控处)的工作人员, 包括医生、护士、医技、工勤人员, 对两个品牌的拱形和折叠形口罩进行测试, 采用环境气溶胶冷凝核计数器法测试医用防护口罩的定量密合性和适合性。**结果** 6 所医院共抽取 320 名工作人员进行测试, 在进行正式适合性测试之前, 通过专业人员指导, 定量密合性测试通过率较被测试人员自行调整明显提升, 整体从 27.50% 提升至 57.73%。不同品种医用防护口罩适合性监测的通过率最低为 0.94%, 最高为 84.06%, 差异有统计学意义( $\chi^2 = 561.51, P < 0.001$ )。通过定量密合性测试后, 进行标准动作适合性试验时, 拱形 A、折叠形 A、拱形 B、折叠形 B 4 款医用防护口罩通过的比率分别为 50.00%、58.25%、66.67%、85.67%。主要是在左右摆头动作之后通过率开始下降。**结论** 适合性测试是保证呼吸道防护效果的有利工具, 应充分利用适合性测试数据为工作人员提供合适的医用防护口罩。

**[关键词]** 医务人员; 医用防护口罩; 口罩; 适合性试验

**[中图分类号]** R197.323.4

## Fit testing of respirators for health care workers in several hospitals

HU Mei-hua<sup>1</sup>, JIA Hui-xue<sup>1</sup>, YAO Xi<sup>1</sup>, SUN Xin-ying<sup>2</sup>, MIN He-wei<sup>2</sup>, DENG Ming-zhuo<sup>3</sup>, LU Lian-he<sup>4</sup>, LI Jie<sup>5</sup>, SONG Li-hong<sup>3</sup>, LU Jian-yu<sup>1</sup>, SONG Xue-mei<sup>6</sup>, GAO Hang<sup>7</sup>, LI Liuyi<sup>1</sup> (1. Department of Infection Management-Disease Control and Prevention, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China; 2. Department of Social Medicine and Health Education, Peking University School of Public Health, Beijing 100191, China; 3. Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China; 4. Department of Infection Management, Beijing Ditan Hospital, Beijing 100015, China; 5. Department of Healthcare-associated Infection Management and Disease Prevention and Control, Fuxing Hospital, Capital Medical University, Beijing 100038, China; 6. Department of Infection Control, Beijing Miyun District Hospital, Beijing 101599, China; 7. Department of Healthcare-associated Infection Management, Beijing Second Hospital, Beijing 100031, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the fit status of respirators and influencing factors of fit status through quantitative fitting testing. **Methods** Departments with different respiratory infectious disease exposure risks in 6 hospi-

[收稿日期] 2021-12-09

[基金项目] 首都卫生发展科研项目(首发 2021-1G-4071)

[作者简介] 胡美华(1979-), 女(汉族), 河北省衡水市人, 主管护师, 主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 李六亿 E-mail: lucyliuyi@263.net

tals of different levels and properties were selected by stratified sampling, that is, hospital staff with low risk (general ward), medium risk (such as emergency and respiratory outpatient), and high risk (fever clinic, nucleic acid sampling point as well as department of infection control), including doctors, nurses, medical technicians and servicers, arch and folding respirators of two brands were tested, quantitative tightness and fitness of respirators were tested by environmental aerosol condensation nuclear counter method. **Results** A total of 320 staffs were selected from 6 hospitals to conduct the testing, before the formal fit testing, through professional guidance, the overall passing rate of the quantitative tightness check was significantly improved from 27.50% to 57.73% compared with the self-adjustment of the tested personnel. The passing rates of the fit testing of different respirators were significantly different ( $\chi^2 = 561.51$ ,  $P < 0.001$ ), with the lowest of 0.94% and the highest of 84.06%. After quantitative fit testing, when carrying out fit testing for standard movements, passing rates of arch A, folding A, arch B and folding B respirators were 50.00%, 58.25%, 66.67% and 85.67% respectively. Passing rates began to drop mainly after the left and right head swing. **Conclusion** Fit testing is a favorable tool to ensure the efficacy of respiratory protection, fit testing data should be fully utilized to provide suitable respirators for the staff.

[Key words] health care worker; respirator; mask; fit testing

呼吸道传染病是一类传播速度快、传播范围广、防控难度大,容易引起突发公共卫生事件的疾病。2019 年新型冠状病毒肺炎的出现及在全球的迅速蔓延是又一次新发呼吸道传染病的全球大流行<sup>[1]</sup>,向全球呼吸道传染病的防控提出了巨大挑战。医疗机构是患者集中的场所,是呼吸道传染病传播的高风险机构。医务人员呼吸道防护是预防医务人员感染最重要的措施之一。为保障呼吸道防护效果,国家要求医疗机构应有根据暴露风险正确评估、选择呼吸道防护用品的机制,应对医务人员进行有效培训以保证其能正确选择和使用防护用品,能提供符合国家要求且适合医务人员的防护用品<sup>[2-4]</sup>。但我国一直以来呼吸道防护方面存在很多问题,如呼吸道防护用品佩戴方法不当,佩戴医用防护口罩时适合性和密合性试验缺失;医用防护口罩与医务人员面部不贴合、尺寸不适用,密合性试验通不过等问题<sup>[5-9]</sup>,严重影响呼吸道防护效果并造成资源浪费。医院防护口罩的类型、形状、尺寸与医务人员脸型的适合度以及佩戴后的密闭性是医用防护口罩有效防护的重要影响因素,不合适的医用防护口罩会降低对医务人员的保护能力,从而增加感染的风险。为了解医务人员对目前广泛使用的医用防护口罩适合现状以及适合性测试的影响因素,特在北京市多中心开展本研究。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

1.1.1 医院 选取 6 所北京市不同级别、性质的医院,包括三级医院和二级医院,综合医院和传染病医

院,省部级医院、市级医院和区级医院。

1.1.2 被测试人员 从事呼吸道传染病防控相关岗位,包括医院感染管理人员,门急诊、发热门诊、感染疾病科、呼吸科等高风险科室的工作人员,如医生、护士、医技人员、保洁人员、护理员等,每所医院抽取 50 名工作人员。

1.1.3 医院防护口罩 选取在北京普遍应用的两个品牌,每个品牌选取两个款式,即拱形和折叠形,共四种医用防护口罩,并对其相关资料进行审核,均为符合《医用防护口罩技术要求(GB19083—2010)》的合格产品。

### 1.2 研究方法

1.2.1 被测试人员抽样方法 每所医院根据暴露呼吸道传染病的风险,其中暴露感染低风险(普通病区)人群占 20%,中风险(如急诊、呼吸科门诊)人群占 30%,高风险(发热门诊、核酸采样点、感控处)人群占 50%。在抽样过程中兼顾岗位、性别及年龄,原则上按照医生占比 40%,护士占比 40%,技术辅助人员(如检验人员)占比 10%,工勤人员占比 10%;男女比例为 1:1,年龄 $\geq 45$  岁与 $< 45$  岁人员比例为 1:1 的方式抽取。

#### 1.2.2 测试方法

1.2.2.1 测试设备及材料 美国 TSI 公司 8038/8048 型口罩适合性试验仪,包括测试设备、打孔器、打孔钉、连接管、固定夹和计算机。

1.2.2.2 测定方法 采取定量适合性试验,通过计算测得口罩外部颗粒的平均浓度和口罩内部平均浓度的比值计算每个动作的适合因数,适合因数取值范围为 $< 200$ ,根据每个动作的适合因数计算总适合因数,总适合因数( $FF$ ) $\geq 100$ ,判定为通过。总适

合因数计算公式为：

$$FF = \frac{6}{\frac{1}{ffa} + \frac{1}{ffb} + \frac{1}{ffc} + \frac{1}{ffd} + \frac{1}{ffe} + \frac{1}{fff}}$$

式中：ffa—正常呼吸的适合因数；ffb—深呼吸的适合因数；ffc—左右转头的适合因数；ffd—上下活动头部的适合因数；ffe—说话的适合因数；fff—正常呼吸的适合因数。

1.2.2.3 测试步骤 (1)受试者均需签订知情同意书,同意接受该测试,在进行适合性测试前曾接受所在医疗机构医用防护口罩佩戴技能培训;测试对象须保证在进行适合性测试前 30 min 内未吸烟,在测试前 24 h 内剃除影响口罩密合性的毛发(如胡须、碎发等),移除影响口罩密合性的面部饰品。(2)受试者佩戴医用防护口罩后自测定性密合性并进行实时定量密合性试验,即实时监测头部左右上下移动,同时缓慢深呼吸时的适合因数,如果未通过(<100),由受过专业培训的人员(主要由医院感染管理人员担任)辅助指导下进行塑形调整,通过后才可进入标准动作的适合性试验,如仍未通过,记录为受试者定量密合性不通过,不再进行标准动作的测试。(3)实时定量密合性试验通过后,在测试人员指导下完成正常呼吸、深呼吸、左右转头、仰头-低头、大声缓慢说话、正常呼吸 6 个动作,每个动作持续 1 min,设备测试出每个动作的适合因数,6 个动作完成后,得出总适合因数。

1.3 统计分析 所有数据通过 Epidata 3.0 进行录入,录入后导出 Excel 数据表进行整理分析,计数资料以频数和百分比进行统计描述,通过率比较应用 SPSS 20.0 软件进行统计分析,采用 pearson 卡方检验, $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义。

1.4 质量控制 测试前由质控人员评估各家医院抽样情况,在满足抽样基本原则情况下才可进行测试。测试由统一接受培训的测试员实施,并由经过培训的固定测试质控员对 6 所医院测试现场进行全程质控,包括测试方法和数据记录,数据采取双人录入。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

2.1.1 医院基本情况 研究共纳入 6 所不同级别的医院,包括 3 所三级甲等医院,2 所三级医院,1 所二级医院;其中综合医院 5 所,传染病医院 1 所;省

部级医院 1 所,市级医院 2 所,区级医院 3 所;三级甲等医院床位数分别为 1 000、1 800、1 996 张,三级医院床位数分别为 800、940 张,二级医院床位数为 241 张。

2.1.2 被测试人员基本情况 6 所医院分别抽取 50、50、51、54、55、60 名工作人员,共 320 名,其中医生、护士、医技人员及工勤人员的构成比分别为 36.25%、44.38%、6.25%、13.12%;女性占 67.07%,<45 岁人员占 67.81%,身体质量指数(BMI)<25 占 64.38%;工作区域属于呼吸道传染病感染高风险区域、中风险区域、低风险区域的构成比分别为 49.38%、30.00%、20.62%。见表 1。

表 1 医用防护口罩被测试人员基本情况

Table 1 Basic information of personnel undergoing respirators testing

| 基本信息                    |     | 数量(名, n = 320) | 构成比(%) |
|-------------------------|-----|----------------|--------|
| 类别                      | 医生  | 116            | 36.25  |
|                         | 护士  | 142            | 44.38  |
|                         | 医技  | 20             | 6.25   |
|                         | 工勤  | 42             | 13.12  |
| 性别                      | 男   | 106            | 33.13  |
|                         | 女   | 214            | 67.07  |
| 年龄(岁)                   | <45 | 217            | 67.81  |
|                         | ≥45 | 103            | 32.19  |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | <25 | 206            | 64.38  |
|                         | ≥25 | 114            | 35.62  |
| 风险部门                    | 高风险 | 158            | 49.38  |
|                         | 中风险 | 96             | 30.00  |
|                         | 低风险 | 66             | 20.62  |

### 2.2 适合性试验结果

2.2.1 正式测试前定量密合性测试结果 通过专业人员辅助,定量密合性测试通过率较被测试人员自行调整明显提升,整体从 27.50% 提升至 57.73%,差异有统计学意义( $\chi^2 = 239.23, P < 0.001$ )。不同口罩品种、不同人员类别、不同风险部门以及不同医院,提升幅度基本均在 1 倍以上,差异有统计学意义。不同口罩品种,折叠形 B 提升幅度较低;不同人员中,护士相比其他人员提升幅度稍低;不同风险部门提升幅度相近;不同医院中,医院 A 提升幅度稍低。见表 2。

**表 2** 自行及专业人员辅助调整后定量密合性测试通过情况

**Table 2** Passing status of quantitative tightness check after self- and professional-assisted adjustment

| 基本信息 |       | 测试人次数<br>(n = 1 280) | 自行调整               |        | 专业人员辅助             |        | $\chi^2$ | P      |
|------|-------|----------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------|--------|
|      |       |                      | 通过人次数<br>(n = 352) | 通过率(%) | 通过人次数<br>(n = 739) | 通过率(%) |          |        |
| 口罩品种 | 拱形 A  | 320                  | 1                  | 0.31   | 6                  | 1.88   | 3.61     | 0.057  |
|      | 拱形 B  | 320                  | 83                 | 25.94  | 213                | 66.56  | 106.22   | <0.001 |
|      | 折叠形 A | 320                  | 59                 | 18.44  | 206                | 64.38  | 139.17   | <0.001 |
|      | 折叠形 B | 320                  | 209                | 65.31  | 314                | 98.13  | 115.31   | <0.001 |
| 人员类别 | 医生    | 464                  | 119                | 25.65  | 265                | 57.11  | 94.69    | <0.001 |
|      | 护士    | 568                  | 176                | 30.99  | 327                | 57.57  | 81.35    | <0.001 |
|      | 医技    | 80                   | 20                 | 25.00  | 47                 | 58.75  | 18.72    | <0.001 |
|      | 工勤    | 168                  | 37                 | 22.02  | 100                | 59.52  | 48.92    | <0.001 |
| 风险部门 | 高风险   | 632                  | 176                | 27.85  | 367                | 58.07  | 117.78   | <0.001 |
|      | 中风险   | 384                  | 106                | 27.60  | 220                | 57.29  | 69.27    | <0.001 |
|      | 低风险   | 264                  | 70                 | 26.52  | 152                | 57.58  | 52.26    | <0.001 |
| 医院   | 医院 A  | 220                  | 87                 | 39.55  | 131                | 59.55  | 17.60    | <0.001 |
|      | 医院 B  | 240                  | 50                 | 20.83  | 112                | 46.67  | 35.82    | <0.001 |
|      | 医院 C  | 216                  | 64                 | 29.63  | 137                | 63.43  | 49.58    | <0.001 |
|      | 医院 D  | 204                  | 48                 | 23.53  | 123                | 60.29  | 56.63    | <0.001 |
|      | 医院 E  | 200                  | 55                 | 27.50  | 113                | 56.50  | 34.52    | <0.001 |
|      | 医院 F  | 200                  | 48                 | 24.00  | 123                | 61.50  | 57.46    | <0.001 |

2.2.2 不同类型口罩适合性试验结果 通过拱形 A、折叠形 A、拱形 B、折叠形 B 口罩密合性测试的人数分别为 6、206、213、314 名,进行标准动作的适合性试验,结果显示,不同品种医用防护口罩适合性测试的通过率差异有统计学意义( $\chi^2 = 561.51, P < 0.001$ ),通过率由低到高顺序为拱形 A、折叠形 A、拱形 B、折叠形 B,对于同一品牌,折叠型口罩比拱形口罩通过率高。见表 3。

2.2.3 不同动作适合性试验结果 通过密合性测试后,进行正常呼吸、深呼吸、左右转头、上下活动头部、说话及正常呼吸六项标准动作适合性试验时,拱形 A、折叠形 A、拱形 B、折叠形 B 通过率分别为 50.00%、58.25%、66.67%、85.67%。主要是在左

右摆头动作之后通过率开始下降,折叠形 A、拱形 B、折叠形 B 不同动作间通过率比较,差异存在统计学意义,最后平静呼吸时的通过率均较最初平静呼吸时的通过率低,见表 4。

**表 3** 不同品种口罩适合性试验结果

**Table 3** Fit testing result of different types of respirators

| 口罩品种  | 测试人数 | 密合性测试 |        | 适合性测试 |        |
|-------|------|-------|--------|-------|--------|
|       |      | 通过人数  | 通过率(%) | 通过人数  | 通过率(%) |
| 拱形 A  | 320  | 6     | 1.88   | 3     | 0.94   |
| 折叠形 A | 320  | 206   | 64.38  | 120   | 37.50  |
| 拱形 B  | 320  | 213   | 66.56  | 142   | 44.38  |
| 折叠形 B | 320  | 314   | 98.13  | 269   | 84.06  |

**表 4** 不同动作适合性试验通过情况

**Table 4** Passing rate of fit testing for different movements

| 动作   | 拱形 A(n = 6) |        | 拱形 B(n = 213) |        | 折叠 A(n = 206) |        | 折叠 B(n = 314) |        |
|------|-------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
|      | 通过人数        | 通过率(%) | 通过人数          | 通过率(%) | 通过人数          | 通过率(%) | 通过人数          | 通过率(%) |
| 正常呼吸 | 5           | 83.33  | 169           | 79.34  | 186           | 90.29  | 296           | 94.27  |
| 深呼吸  | 5           | 83.33  | 168           | 78.87  | 172           | 83.50  | 296           | 94.27  |
| 左右转头 | 5           | 83.33  | 137           | 64.32  | 114           | 55.34  | 273           | 86.94  |

续表 4 (Table 4, Continued)

| 动作       | 拱形 A(n=6) |        | 拱形 B(n=213) |        | 折叠 A(n=206) |        | 折叠 B(n=314) |        |
|----------|-----------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|          | 通过人数      | 通过率(%) | 通过人数        | 通过率(%) | 通过人数        | 通过率(%) | 通过人数        | 通过率(%) |
| 仰头-低头    | 4         | 66.67  | 134         | 62.91  | 111         | 53.88  | 272         | 86.62  |
| 大声说话     | 2         | 33.33  | 148         | 69.48  | 157         | 76.21  | 263         | 83.76  |
| 正常呼吸     | 4         | 66.67  | 149         | 69.95  | 153         | 74.27  | 260         | 82.80  |
| 总测试结果    | 3         | 50.00  | 142         | 66.67  | 120         | 58.25  | 269         | 85.67  |
| $\chi^2$ |           | 5.37   |             | 25.23  |             | 112.51 |             | 37.92  |
| P        |           | 0.373  |             | <0.001 |             | <0.001 |             | <0.001 |

### 3 讨论

3.1 适合性测试是保障呼吸道防护效果的有利工具。呼吸道传染病在世界范围内流行使医疗机构工作人员面临越来越大的呼吸道感染暴露风险。为保护工作人员的安全及防止呼吸道感染在医院内传播,医疗机构往往会采取一系列防控措施,如及早识别和隔离传染源,减少不必要的接触,采取物理隔离及有效通风方式将工作人员与传染源隔开;病情允许时让患者佩戴医用外科口罩、采取密闭式吸痰等措施,以减少感染性气溶胶在空气中污染量等,这些措施通过减少接触的范围或持续时间,或减少接触的员数量以更好地保护工作人员。呼吸道防护用品尤其是口罩作为最后一道防线,其合理选择和使用尤为重要,而其中医用防护口罩的选择有特定的条件和要求,除了根据接触患者的疾病特点和所采取的操作之外,还应考虑所选择的医用防护口罩形状和尺寸是否适合自己脸型,是否与自己面部完全贴合,达到密合性要求。

适合性测试是唯一公认的评估特定医用防护口罩模型和尺寸是否适合使用者脸型的工具<sup>[10]</sup>。医疗机构应提供足够数量的型号和尺寸的医用防护口罩,以便员工能成功选择通过适合性测试的医用防护口罩。美国疾病控制与预防中心(CDC)国家职业健康与安全研究所(NIOSH)、美国职业安全与健康管理局(OSHA)、英国健康与安全执行局(HSE)等国家卫生相关机构均推荐通过适合性测试筛选适合工作人员脸型的医用防护口罩<sup>[11-13]</sup>,我国国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组要求从事发热门诊、定点医院隔离病区工作的人员需要做医用防护口罩适合性测试和密合性测试,合格者方可上岗<sup>[14]</sup>。

适合性测试方法包括定性和定量两种<sup>[11-12]</sup>。研究表明,定量方法在检测泄漏方面比定性方法更准确,定性和定量适合性测试平均通过率分别为 85%、75%<sup>[15-16]</sup>,通过定量适合性测试的被测试者能够受到更好地保护<sup>[17]</sup>。本研究采取定量的测试方法,对不同级别、不同性质医院、不同风险部门、不同类别的工作人员进行测试,具有一定代表性。

3.2 密合性试验与适合性试验不能互相替代。研究<sup>[18-20]</sup>显示,在通过定量密合性检查后,适合性测试的平均通过率为 56%。本研究在标准动作适合性测试之前先进行了密合性测试,结果显示,通过密合性测试之后,4 款口罩适合性测试通过率为 50%~85%,主要是在左右摆头动作之后通过率开始下降,但不同口罩之间存在一定差异,通过率较高的口罩说明一旦塑形后,随后做不同的动作后不易移位,一直保持很好的贴合。另一项研究表明,未进行适合性测试的医用防护口罩的保护率为 67%,而进行了适合性测试的医用防护口罩保护率提升至 96%<sup>[21]</sup>,因此单独的密合性检查是不够的,在选择医用防护口罩时,应进行适合性测试。

在适合性测试之前推荐进行密合性测试,可以提高测试效率,节约时间,从而提高适合性测试通过率<sup>[22]</sup>。但建议有专业人员参与密合性测试。本研究中,虽然所有受试者均经过医用防护口罩佩戴培训,但自行调整后医用防护口罩密合性测试通过率仅为 27.50%,通过专业人员指导后,通过率提升至 57.73%,充分说明专业人员的指导起到了重要作用,否则进入正式适合性测试的人员比例将大大下降,从而影响适合性测试结果。不同口罩品种中,折叠形 B 提升幅度较低,可能与该款口罩形状、材质和鼻夹材质有关,更容易塑形;不同人员中,护士相比其他人员提升幅度稍低,说明护士在密合性试验方面掌握更加熟练;不同医院中,医院 A 提升

幅度稍低,反映该医院的日常培训效果较好,工作人员的呼吸道防护技能较高。

自行调整密合性测试未通过情况包括自我感觉已经密合了,但测试数据显示不密合,反映出日常工作中对密合性试验的重视程度不够,另外对密合性程度的感知存在偏差。但通过定量的方法可以让受试者直观感受医用防护口罩与面部贴合达到何种程度才是密合的,如何佩戴才能达到密合,在今后使用过程中每次佩戴后进行密合性试验才会更加规范,才能有效保护自身安全,因此适合性测试也是一种强化培训的过程。同样有学者认为适合性测试不仅有助于选择适合的医用防护口罩,还提供了正确使用医用防护口罩面对面指导及体验的机会<sup>[10]</sup>。

**3.3 充分利用适合性测试数据为工作人员提供合适的医用防护口罩** 本研究测试了 4 款口罩,适合性测试通过率差异较大,最低为 0.94%,最高为 84.06%。影响适合性测试通过率的指标包括年龄、体重、脸型等指标<sup>[23-24]</sup>,另外也与医用防护口罩的大小、形状和材质有关。本研究中同一品牌中,拱形的通过率低于折叠形。通过率最低的一款拱形除了与其大小有关外,还与鼻夹材质有关,因其鼻夹过硬,塑形后很难与面部贴合,稍一呼吸或活动,鼻夹便会弹起,影响了整体密合性通过率,无法进行适合性测试。因此需要医用防护口罩生产厂家根据以上相关因素生产符合本国需求的不同型号、大小、材质的医用防护口罩,以便于不同性别、民族和脸型的使用者可以选择适合自己的口罩<sup>[25]</sup>。

适合性测试需要专业的团队,需经过培训,需有指导受试者正确佩戴医用防护口罩的能力。需要定期进行适合性测试,一般建议每年一次,另外一旦工作人员身体状况发生变化,如体重增加或减轻、面部出现疤痕或牙齿变化等可能影响口罩与面部密合性的因素,需要重新进行适合性测试。工作人员只能佩戴已成功通过适合性测试的口罩,医疗机构可为工作人员发放提示各自合适的口罩品牌、款式、型号的信息卡片,保证工作人员知悉自己适合的口罩和便于领取。

医疗机构应为从事呼吸道传染病防控高风险人员提供适合的医用防护口罩,在为工作人员选择医用防护口罩时,可以参考以下因素:(1)不同口罩在人群中的适合率,可以在正式购置口罩之前,先选择一部分高风险人群对拟招标的口罩进行适合性测试或参考其他人员已做过的数据。(2)调研密合性试验的情况,是否容易塑形,如果需要较长的时间才可

塑形达到密合性,那将影响工作人员进行密合性试验的依从性。(3)医用防护口罩佩戴的主观感受,包括头带拉力、呼吸是否憋气,以及其他舒适相关情况,这些情况可影响佩戴依从性以及正确佩戴依从性。

本研究仅纳入了 2 个常用品牌 2 种形状的医用防护口罩,不能全面代表医用防护口罩整体适合度,不能完全判定拱形比折叠形的适合性低;医用防护口罩适合性试验应用于所有使用医用防护口罩的人群,本研究仅限于医务人员,另外因被测试者样本量受限,只能说明所选的口罩在这部分人群中的适合性,不能推及全部人群。

#### [参考文献]

- [1] Cucinotta D, Vanelli M. WHO declares COVID-19 a pandemic[J]. *Acta Biomed*, 2020, 91(1): 157-160.
- [2] Musick T, Trotto S, Morrison KW. NIOSH, OSHA offer toolkit on respiratory protection for health care workers[J]. *Saf Health*, 2015, 192(1): 31.
- [3] 中华人民共和国卫生部. 医院隔离技术规范: WS/T 311—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.  
The Minister of Health of the People's Republic of China. Technique standard for isolation in hospitals; WS/T 311—2009[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 经空气传播疾病医院感染预防与控制规范: WS/T 511—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Regulation for prevention and control of healthcare associated infection of airborne transmission disease in healthcare facilities; WS/T 511—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [5] 姜利, 李六亿, 吴安华, 等. 新型冠状病毒: 正确而非过度防护[J]. *中华内科杂志*, 2020, 59(9): 662-664.  
Jiang L, Li LY, Wu AH, et al. 2019 novel coronavirus: appropriate rather than undue protection[J]. *Chinese Journal of Internal Medicine*, 2020, 59(9): 662-664.
- [6] 张冰丽, 陆群, 刘旭, 等. 新型冠状病毒肺炎隔离病房医务人员防护用品使用现状多中心调查分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(21): 3224-3228.  
Zhang BL, Lu Q, Liu X, et al. Multicenter investigation of current status of use of personal protective equipment among healthcare workers during diagnosis and treatment of COVID-19[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2020, 30(21): 3224-3228.
- [7] 刘志杰, 刘剑学. 赤峰市 12 家结核病定点医院医疗机构感染控制现状调查[J]. *中华医院感染学杂志*, 2017, 27(17): 4038-4040.  
Liu ZJ, Liu JX. Current status of control of infections in 12

- designated tuberculosis medical institutions in Chifeng [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27 (17): 4038 - 4040.
- [8] 张炜敏, 耿梦杰, 宋渝丹, 等. 中国 12 个省 241 家医疗卫生机构结核感染控制情况分析 [J]. 中国防痨杂志, 2017, 39(4): 414 - 419.
- Zhang WM, Geng MJ, Song YD, et al. Analysis of tuberculosis infection control of 241 health institutions in 12 provinces, China [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2017, 39(4): 414 - 419.
- [9] 徐彩红, 李涛, 彭孝旺, 等. 2016 年北京城区结核病诊疗机构结核病感染控制现状调查 [J]. 疾病监测, 2017, 32(10): 824 - 827.
- Xu CH, Li T, Peng XW, et al. Cross-sectional study on infection control in tuberculosis hospitals in urban area of Beijing, 2016 [J]. Disease Surveillance, 2017, 32(10): 824 - 827.
- [10] Regli A, Sommerfield A, von Ungern-Sternberg BS. The role of fit testing N95/FFP2/FFP3 masks: a narrative review [J]. Anaesthesia, 2021, 76(1): 91 - 100.
- [11] The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hospital respiratory protection program toolkit: resources for respirator program administrators [EB/OL]. (2015 - 05 - 21) [2021 - 10 - 24]. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2015-117/default.html>.
- [12] Occupational Safety and Health Administration. Fit testing procedures (Mandatory) [EB/OL]. (2004 - 08 - 04) [2021 - 10 - 24]. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134AppA>.
- [13] Health and Safety Executive. Guidance on respiratory protective equipment (RPE) fit testing [EB/OL]. [2021 - 10 - 24]. <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg479.htm>.
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 关于印发医疗机构内新型冠状病毒感染预防与控制技术指南(第三版)的通知: 联防联控机制综发[2021]96号 [EB/OL]. (2021 - 09 - 13) [2021 - 10 - 24]. <http://www.nhc.gov.cn/zycgj/s7659/202109/c4082ed2db674c6eb369dd0ca58e6d30.shtml>.
- Medical Administration of National Health Commission of the People's Republic of China. Notice on printing and distributing technical guidelines for prevention and control of novel coronavirus infection in medical institutions (third edition): joint prevention and control mechanism (2021) 96 [EB/OL]. (2021 - 09 - 13) [2021 - 10 - 24]. <http://www.nhc.gov.cn/zycgj/s7659/202109/c4082ed2db674c6eb369dd0ca58e6d30.shtml>.
- [15] Danyluk Q, Hon CY, Neudorf M, et al. Health care workers and respiratory protection: is the user seal check a surrogate for respirator fit-testing? [J]. J Occup Environ Hyg, 2011, 8 (5): 267 - 270.
- [16] Hon CY, Danyluk Q, Bryce E, et al. Comparison of qualitative and quantitative fit-testing results for three commonly used respirators in the healthcare sector [J]. J Occup Environ Hyg, 2017, 14(3): 175 - 179.
- [17] Lawrence RB, Duling MG, Calvert CA, et al. Comparison of performance of three different types of respiratory protection devices [J]. J Occup Environ Hyg, 2006, 3(9): 465 - 474.
- [18] Lam SC, Lee JKL, Yau SY, et al. Sensitivity and specificity of the user-seal-check in determining the fit of N95 respirators [J]. J Hosp Infect, 2011, 77(3): 252 - 256.
- [19] Derrick JL, Chan YF, Gomersall CD, et al. Predictive value of the user seal check in determining half-face respirator fit [J]. J Hosp Infect, 2005, 59(2): 152 - 155.
- [20] Lam SC, Lui AKF, Lee LYK, et al. Evaluation of the user seal check on gross leakage detection of 3 different designs of N95 filtering facepiece respirators [J]. Am J Infect Control, 2016, 44(5): 579 - 586.
- [21] Yassi A, Moore D, Fitzgerald JM, et al. Research gaps in protecting healthcare workers from SARS and other respiratory pathogens: an interdisciplinary, multi-stakeholder, evidence-based approach [J]. J Occup Environ Med, 2005, 47 (1): 41 - 50.
- [22] Burgess GL, Mashingaidze MT. Respirator leakage in the pharmaceutical industry of northwest England [J]. Ann Occup Hyg, 1999, 43(8): 513 - 517.
- [23] McMahon E, Wada K, Dufresne A. Implementing fit testing for N95 filtering facepiece respirators: practical information from a large cohort of hospital workers [J]. Am J Infect Control, 2008, 36(4): 298 - 300.
- [24] Zhuang ZQ, Bergman M, Brochu E, et al. Temporal changes in filtering-facepiece respirator fit [J]. J Occup Environ Hyg, 2016, 13(4): 265 - 274.
- [25] 李哲林, 张泽苑, 王晶晶, 等. 头戴产品人因设计与测评研究综述 [J]. 包装工程, 2021, 42(16): 49 - 60.
- Li ZL, Zhang ZY, Wang JJ, et al. Review on human factor design and evaluation of head-mounted products [J]. Packaging Engineering, 2021, 42(16): 49 - 60.

(本文编辑:左双燕)

**本文引用格式:**胡美华, 贾会学, 姚希, 等. 多所医院医务人员医用防护口罩适合性研究 [J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(1): 1 - 7. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222223.

**Cite this article as:** HU Mei-hua, JIA Hui-xue, YAO Xi, et al. Fit testing of respirators for health care workers in several hospitals [J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(1): 1 - 7. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222223.